

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Фізико-математичний факультет

Кафедра інформатики та прикладної математики

«Допущено до захисту»

В. о. завідувача кафедри

Реєстраційний № _____

_____ Семеріков С. О.

«__» _____ 2025 р.

_____ 2025 р.

РОЗРОБКА ПЕРСОНАЛЬНОГО ФІТНЕС-ТРЕКЕРА

Кваліфікаційна робота студентки групи І-21
ступінь вищої освіти «бакалавр»
спеціальності
014 Середня освіта (Інформатика)
Бережної Єлизавети Олександрівни
Керівник: кандидат фізико-математичних наук,
доцент
Мерзликін Павло Володимирович

Оцінка:

Національна шкала _____

Шкала ECTS _____ Кількість балів _____

Голова ЕК : _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Члени ЕК : _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) (прізвище та ініціали)

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Бережна Єлизавета Олександрівна, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикацій, фальсифікацій. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело. Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.



ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	6
1.1. Переваги та обмеження сучасних фітнес-трекерів	6
1.2. Аналіз наявних фітнес-трекерів	9
1.3. Постановка задачі	11
Висновки до розділу 1	12
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ	14
2.1. Обґрунтування вибору апаратної платформи	14
2.2. Опис схеми пристрою	16
Висновки до розділу 2	19
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	21
3.1. Архітектура програмного забезпечення	21
3.2. Алгоритми обробки даних	22
ВИСНОВКИ	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	29
ДОДАТКИ	33
Додаток А. Вихідний код програми	33

ВСТУП

Актуальність теми. Інновації в галузі інформаційних технологій впливають на всі аспекти сучасного життя, включаючи сферу здоров'я. У зв'язку зі збільшенням популярності здорового способу життя та необхідністю моніторингу фізичного стану, попит на фітнес-трекери стабільно зростає. Більшість наявних пристроїв пропонують універсальний набір функцій, що не завжди враховує індивідуальні потреби користувачів. До того ж більшість рішень мають закритий код і апаратну реалізацію, що створює загрози несанкціонованого збору й використання особистих даних користувачів, а також ставить під сумнів захищеність пристроїв від атак з використанням бездротових інтерфейсів.

Метою дослідження є розробка відкритого фітнес-трекера, що поєднує сучасні технології, захист особистих даних та зручність використання.

Завдання дослідження:

1. Дослідити переваги й недоліки сучасних фітнес-трекерів.
2. Проаналізувати ринок фітнес-трекерів.
3. Висунути вимоги до власного пристрою.
4. Обрати апаратну платформу для створення фітнес-трекера.
5. Спроектувати апаратну частину фітнес-трекера.
6. Спроектувати архітектуру програмного забезпечення
7. Створити програмне забезпечення для збору, обробки та аналізу даних.

Об'єкт дослідження: моніторинг фізичного стану та активності людини з використанням носимих пристроїв.

Предмет дослідження: методи та технології розробки апаратного та програмного забезпечення індивідуального фітнес-трекера.

Практична цінність роботи полягає у створенні відкритого та захищеного фітнес-трекера, який не поширює особисті дані користувачів і дозволяє

індивідуально налаштовувати програмне забезпечення завдяки відкритості реалізації. Пристрій сприятиме популяризації здорового способу життя. Розроблений прототип може слугувати основою для комерційного продукту або подальших досліджень у галузі носимих пристроїв і здоров'я.

У цій роботі поєднуються сучасні технічні рішення з потребами користувачів, створюючи інструмент для якісного моніторингу здоров'я та підтримання фізичної активності.

Структура роботи: робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 31 найменувань.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Переваги та обмеження сучасних фітнес-трекерів

«Сучасні фітнес-браслети дуже умовно можна розділити на декілька груп: трекери, смарт-браслети та браслети здоров'я. Фітнес-трекер або трекер активності дозволяє проводити моніторинг групи показників, пов'язаних з активністю людини: пройдена відстань, показники серцевого ритму, кількість спожитих калорій, якість сну. Цей носимий пристрій може синхронізуватися з персональним комп'ютером або смартфоном для моніторингу даних»[2].

«Фітнес-трекер — це компактний електронний гаджет, який зазвичай носять на зап'ясті і використовується для відстеження різних параметрів фізичної активності. Завдяки сенсорам та спеціалізованому програмному забезпеченню, трекери аналізують ваші рухи, пульс, а інколи навіть рівень стресу та якість сну»[23].

«Сучасним підходом у мотивуванні всіх верств населення до здорового способу життя, збільшенні кількості однодумців, які хочуть покращити якість свого життя є поява різних фітнес-браслетів, розумних годинників, 23 фітнес-трекерів, мобільних додатків для смартфонів. Всі вони сприяють здійсненню оперативного контролю за багатьма функціональними показниками організму.»[19].

«За останнє десятиліття фітнес-трекери набули значної популярності для щоденного підтримання здоров'я. Додатки для фітнес-трекеру допомагають користувачам слідкувати за собою протягом дня та помічати невеликі зміни у своєму організмі.

Фітнес-трекери розуміють і відчують активність користувача та записують дані. Сучасні системи рахують кроки, точно відстежують частоту серцевих скорочень, якість сну і кількість спалених калорій, ведуть статистику та особисті записи фізичної активності»[14].

Сучасні фітнес-трекери, носимі електронні пристрої, стали популярними серед тих, хто прагне контролювати свою активність, здоров'я та спосіб

життя. Вони мають низку переваг, зокрема мотивацію до здорових звичок, безперервний моніторинг ключових фізіологічних показників, детальний аналіз фізичної активності, зручну інтеграцію з мобільними застосунками, легкість і комфорт у носінні, широкий асортимент і доступність, а також додаткові корисні функції. Завдяки компактності, трекери зручно носити протягом усього дня.

Трекери стимулюють споживача до досягнення мети (кількість кроків, витрачені калорії, рівень активності). Сповіщення про досягнення цілі або нагадування про рух активізують бажання займатися фізичними вправами. Пристрій реєструє кроки, пройденої відстані, кількість спалених калорій, активні хвилини та час «сидіння». Деякі трекери автоматично розпізнають види активності (ходьба, біг, велосипед плавання).

Фітнес-трекери пропонують різноманітний набір функцій [23], серед яких найпоширенішими є:

- **Моніторинг активності:** підрахунок кроків, відстані, спалених калорій.
- **Вимірювання серцевого ритму:** використання оптичних сенсорів для постійного моніторингу ЧСС.
- **Відстеження сну:** аналіз тривалості та якості сну (включаючи фази сну).
- **Моніторинг рівня кисню в крові (SpO2):** оцінка насиченості крові киснем для виявлення можливих порушень.
- **Розумні сповіщення:** отримання повідомлень про дзвінки, SMS, календарні події.
- **Трекінг тренувань:** автоматичне розпізнавання типу активності (біг, плавання, їзда на велосипеді тощо).

Крім переваг існують також і недоліки, як і у всіх пристроїв.

«По-перше, фітнес-трекери не гарантують точність своїх результатів. Соромно зізнатися, але навіть найдосконаліші системи відстеження можуть помилятися, невірно оцінюючи тип і тривалість активності. Так, наприклад, пристрій може сказати, що ви старанно тренувалися, але більшу частину часу просто качали ногу під офісним столом»[14].

Результати вимірювань можуть відрізнятися від реальних показників через помилки сенсорів, неправильне носіння трекера, обмеження алгоритмів обробки. Залежно від моделі, автономність трекера коливається від одного дня до кількох днів. Часте заряджання знижує зручність використання, особливо для тих, хто носить трекер 24/7 (включаючи сон).

Також існує ризик витоку персональної інформації або використання даних рекламодавцями без згоди користувача, тому що всі дані про фізичну активність, стан здоров'я та місцезнаходження зберігаються у хмарних сервісах.

«Одним з прикладів важливості захисту даних є справа з Fitbit, компанією, яка виробляє фітнес технології. У 2018 році Fitbit була запитана про можливість використання її технологій в армійських базах для відстеження місця розташування військовослужбовців. Цей запит спровокував обурення серед користувачів та дійшов до суду. Fitbit заявила, що вона не збирає та не продаватиме дані користувачів без їхньої згоди, але цей інцидент показав важливість захисту приватності користувачів фітнес-технологій»[13].

Для повноцінної роботи більшість трекерів вимагає постійного з'єднання з мобільним додатком, що створює залежність від смартфона та постійного доступу до інтернету.

Наприклад, фітнес-трекери Fitbit потребують створення облікового запису та використання мобільного додатку з підключенням до Інтернету через

Bluetooth або Wi-Fi для синхронізації даних та повноцінного використання функцій[31].

1.2. Аналіз наявних фітнес-трекерів

«Фітнес-трекери є більше, ніж просто гаджети; вони стають вашими особистими помічниками у підтримці здорового способу життя. Вибір правильної моделі залежить від ваших індивідуальних потреб і способу життя. З їх допомогою ви можете не тільки підвищити свою активність, але й значно покращити якість свого життя» [23].

Фітнес-трекери стали популярними серед людей, тому ринок цих пристроїв розвивається різноманітно і динамічно. Новачки хочуть легкі приклади для спонукання рухатись більше. Активні споживачі хочуть більше функцій для перевірки тренувань. Професійні спортсмени потребують точного вимірювання.

«Актуальність застосування носимих пристроїв для моніторингу фізичного стану пацієнтів призводить до постійного пошуку варіантів їх реалізації та спроб розробки нових конструкцій з меншою вартістю та можливістю гнучкого налаштування під власні потреби користувача»[2].

«Різні фізичні навантаження припускають використання абсолютно різних фітнес-браслетів. Найбільш популярні фітнес-трекери наприклад для плавання, легкої і важкої атлетики, фітнесу у вигляді браслета і кліпси - для бігу. Складність вибору полягає в функціоналі пристроїв і потребах спортсмена. На сьогоднішній день функції даних пристроїв дуже різноманітні: від простого рахунку зроблених кроків, до виходу в Twitter. Умовно кажучи, можна розділити даний ринковий сегмент на 3 групи: трекери «для здоров'я і занять спортом»; «розумні браслети»; «розумні годинники»»[4].

Зараз існує багато моделей фітнес-трекерів [10,11,18,21,22,25], в них є свої переваги та недоліки. Було проаналізовано популярні моделі фітнес-трекерів:

Таблиця 1.1

Аналіз популярних моделей фітнес-трекерів

Модель	Особливості	Переваги	Недоліки
Garmin Lily 2	Компактний дизайн, Garmin Pay, моніторинг сну, серцевого ритму, SpO2.	Елегантний вигляд, якісний моніторинг, GPS.	Висока ціна, відсутність розширених спортивних режимів.
Xiaomi Smart Band 8	AMOLED-дисплей, 150 спортивних режимів, автономність до 14 днів.	Доступна ціна, тривалий час роботи, великий вибір режимів.	Обмежена точність вимірювань, простий дизайн.
Fitbit Inspire 3	Відстеження активності, сну, серцевого ритму, стресу.	Простий інтерфейс, довга автономність, аналіз сну.	Відсутність GPS, менший набір спортивних режимів.
Samsung Galaxy Ring 2	Компактний дизайн, моніторинг здоров'я (сон, SpO2, серцевий ритм).	Інтеграція з екосистемою Samsung, використання III.	Висока ціна, поки недоступний на ринку, відсутність екрана.

Garmin HRM-Fit	Точне вимірювання ЧСС, кріплення на одяг, сумісність зі спортивним одягом.	Висока точність, зручність для тренувань.	Вузька спеціалізація, висока ціна, не підходить для щоденного використання.
---------------------------	--	---	--

1.3. Постановка задачі

У сучасному світі все більше людей прагнуть стежити за своїм здоров'ям і рівнем фізичної активності. Одним із зручних способів для цього стали фітнес-трекери – портативні електронні пристрої, які дозволяють користувачеві контролювати різноманітні показники організму та фізичної активності в режимі реального часу. Ринок фітнес-трекерів активно розвивається: з'являються нові моделі з розширеним функціоналом, інтеграцією з мобільними додатками, покращеними сенсорами та енергоефективними компонентами.

Попри це, аналіз наявних пристроїв вияви низку недоліків, що стримує їхнє широке використання або знижує ефективність:

- надлишковий функціонал, який ускладнює користування пристроєм;
- високу вартість повнофункціональних трекерів;
- обмежену автономність внаслідок використання потужних екранів і датчиків;
- високу точність сенсорів у бюджетному сегменті;
- відсутність локалізованого інтерфейсу для окремих мов або регіонів;
- слабку адаптацію для дітей, підлітків або людей старшого віку.

Такі обмеження свідчать про наявність вільних ніш на ринку носимих пристроїв, зокрема – можливість створення пристрою який матиме лише найнеобхідніший функціонал, буде зручним у використанні та економічно вигідним для виробництва або навчальних цілей.

Завдання розробити прототип фітнес-трекера, який буде:

- недорогим у реалізації;
- функціональним, але не перевантаженим;
- зрозумілим та інтуїтивно простим для користувача;
- здатним вимірювати базові параметри;
- базуватися на відкритому програмному й апаратному забезпеченні.

Мета роботи полягає у створенні прототипу фітнес-трекера з базовим набором функцій моніторингу фізичної активності та можливістю розширення його функціональності у майбутньому.

Висновки до розділу 1

У першому розділі було здійснено ґрунтовний аналіз предметної області, присвячений сучасним фітнес-трекером, їх функціональним можливостям, перевагам, обмеженням та актуальним прикладом реалізації:

1. Фітнес-трекери є важливими інструментами для моніторингу здоров'я та фізичної активності, які стрімко розвиваються завдяки, які стрімко розвиваються.

2. Сучасні моделі фітнес-трекерів вирізняються широким набором функцій: від підрахунку кроків і пульсу до моніторингу сну. Але їх функціональність залежить від цінової категорії, рівня інтеграції з мобільними додатками та наявності вбудованих сенсорів.

3. Серед основних переваг фітнес-трекерів – компактність, безперервне відстеження фізіологічних параметрів, мотивація до ведення активного способу життя. До недоліків належить залежність від смартфона, обмежений час залежність від смартфона, обмежений час автономної роботи, точність вимірювань. Через те що дані зберігаються у хмарному сховищі, вони можуть бути використані без згоди користувача.

4. Проведений аналіз популярних моделей пристроїв (Garmin Lily 2, Xiaomi Smart Band 8, Fitbit Inspire 3, Samsung Galaxy Ring 2, Garmin HRM-Fit)

засвідчив, що виробники орієнтуються на різні сегменти користувачів — від широкої аудиторії до професійних спортсменів, пропонуючи як доступні, так і високоспеціалізовані рішення.

5. Різноманіття фітнес-трекерів обумовлено кількома факторами: конкуренцією серед виробників, постійним попитом на персоналізовані рішення, розвитком носимих технологій, а також різними сценаріями використання (від щоденних прогулянок до інтенсивних тренувань або медичного моніторингу).

6. Визначено, що актуальною є необхідність розробки нового фітнес-трекера, який би враховував переваги існуючих пристроїв, мінімізував їх недоліки, мав розширену автономність, зручний інтерфейс та працював з мінімальною залежністю від смартфона.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

2.1. Обґрунтування вибору апаратної платформи

Під час розробки фітнес-трекера важливою є апаратна платформа, яка забезпечує баланс між продуктивністю, енергоспоживанням, розмірами, функціональністю та ціною. Розробка носимого пристрою вимагає, щоб мікроконтролер мав низьке споживання енергії, підтримку інтерфейсів для підключення сенсорів, недостатню швидкодію для обробки даних у реальному часі та можливість виводу інформації користувачам.

Було проаналізовано Arduino Nano 33 BLE Sense, ESP32, Raspberry Pi Pico для подальшого вибору[9,10,15,16,25,29]:

Таблиця 2.1

Аналіз апаратної платформи

Платформа	Переваги	Недоліки
ESP32	Wi-Fi/Bluetooth, висока продуктивність	Високе енергоспоживання
Arduino Nano 33 BLE Sense	Вбудовані датчики, BLE	Висока ціна, складна інтеграція дисплея
Raspberry Pi Pico RP2040	Доступність, низьке енергоспоживання	Відсутність вбудованого дисплея
Raspberry Pi Pico 2 RP2350-LCD	Вбудований дисплей, RP 2040-сумісність, компактність	Потребує зовнішніх модулів зв'язку

«**Arduino Nano 33 BLE Sense Rev2 with headers** - це нова плата розробника від Arduino з підтримкою штучного інтелекту у форм-факторі практично

Arduino NANO з набором датчиків, які дозволять Вам без будь-якого зовнішнього обладнання відразу ж почати розробку IOT пристроїв на базі AI»[25].

«Плата розробника для Wi-Fi мікроконтролера Xtensa LX7 ESP32-S3R2 з компактними розмірами, безліччю периферійних інтерфейсів, вбудованою мало потужною системою Wi-Fi System-on-Chip (SoC) та великою пам'яттю, що підтримує екосистему плат розширення Raspberry Pi Pico. Оснащений апаратним крипто прискорювачем, RNG, HMAC та модулем цифрового підпису, він відповідає вимогам безпеки Інтернет речей. Декілька режимів роботи з низьким енергоспоживанням для задоволення вимог до живлення в IoT, мобільних пристроях, електроніці, розумному будинку та інших сценаріях додатків і т.д.»[15].

«**RP2350-LCD-1.28** - це недорога, високопродуктивна плата MCU, розроблена Waveshare. Мініатюрний розмір з вбудованим круглим РК-дисплеєм 1.28 дюйма, контролером заряду літій-іонної батареї, 6-осьовим датчиком (3-осьовий акселер) т. д., що адаптує всі GPIO та налагоджувальні контакти, що спрощує розробку та швидку інтеграцію в продукти. Модуль постачається у металевому корпусі»[10].

З поміж різних доступних варіантів – Arduino Nano 33 BLE Sense, ESP32, Raspberry Pi Pico – було обрано Raspberry Pi Pico 2 RP2350 1.28' round LCD, яка оптимально підходить для задачі створення компактного, автономного фітнес-пристрою з базовим відображенням активності. Мікроконтролер RP2350 є покращеною версією RP2350 з двоядерним ARM Cortex-M33 (до 155 МГц), підтримкою до 16 МБ флеш пам'яті і збереженням високої енергоефективності. Цей контролер забезпечує швидку обробку даних у реальному часі. Основною візуальною перевагою є круглий дисплей, що дозволяє створювати інтерфейс, подібний до сучасних трекерів. Висока роздільна здатність 240×240 забезпечує чітке зображення навіть дрібних

елементів. Дисплей має естетичний вигляд, компактний і водночас функціональний. В нього вбудований сенсор QMI 8658 (6-осьовий IMU), цей модуль включає акселерометр і гіроскоп, які дозволяють точно фіксувати рух, орієнтацію, жести. Це є ключовим компонентом для фітнес-трекера – саме завдяки цим даним можливо рахувати кроки, виявляти тренування, фіксувати зміну положення руки тощо. Вбудований сенсор позбавляє необхідності MPU6050 або аналогічні модулі, що значно спрощує конструкцію. RP2350 підтримує роботу з MicroPython, що дозволяє швидко створювати прототипи, а також надає розробнику можливість оптимізувати код на C/C++ при необхідності. Плата Raspberry Pi Pico має велику кількість готових бібліотек, прикладів та технічної документації. Це прискорює розробку, зменшує кількість помилок і робить платформу придатною навіть для початківців.

2.2. Опис схеми пристрою

Розробка фітнес-трекера передбачає поєднання мікроконтролера, модулів вимірювання фізичних активностей та дисплейного модуля. Для реалізації пристрою було обрано плату Raspberry Pi Pico 2 RP2350 з інтегрованим 1.28-дюймовим круглим LCD-дисплеєм (240×240) та вбудованим 6-осьовим сенсором руху QMI 8658, який забезпечує достатню обчислювальну потужність, гнучкість та низьке енергоспоживання.

Розташування компонентів на платі:

«

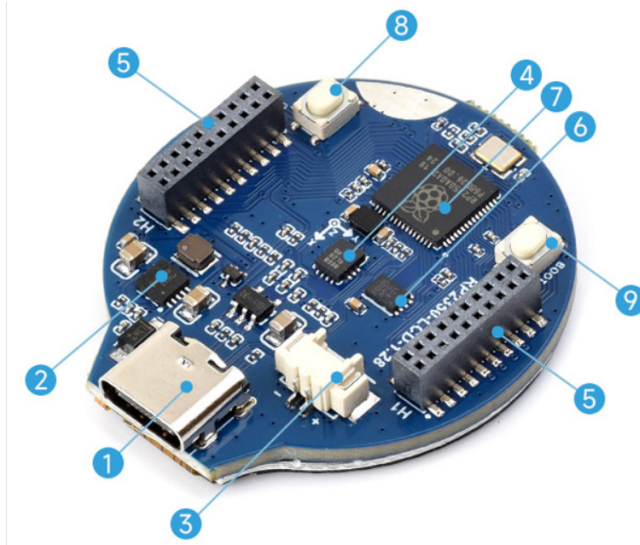


Рис. 2.1 Схема розташування компонентів на платі

1. Роз'єм USB Type-C - для запису програм, USB 1.1 з підтримкою ролі пристрою та хоста
2. ETA6096 - високоефективний менеджер заряду літєвих акумуляторів
3. Роз'єм для підключення акумулятора - MX1.25 для літєвої батареї 3.7 В дозволяє одночасно заряджати акумулятор і живити плату.
4. QMI8658 - IMU, включає 3-осьовий гіроскоп і 3-осьовий акселерометр
5. Рознімання з кроком 1.27 мм - всі контакти GPIO та налагоджувальні контакти
6. P25Q32SH-UXH-IR - 4 МБ NOR-Flash
7. Двоядерний процесор Arm Cortex-M 33 RP2350 та двоядерний процесор Hazard3 RISC-V, робоча частота до 150 МГц
8. Кнопка скидання
9. Кнопка BOOT - Натисніть під час скидання, щоб увійти в режим завантаження»[10].

Система на базі цієї плати умовно поділяється на чотири основних функціональних блоків, кожен з яких виконує окрему роль у загальній роботі пристрою:

1. Обчислювальний блок:

Складається з мікроконтролера RP2350, який виконує основні обчислення, обробку сигналів з сенсорів, управління дисплеєм та іншими периферійними компонентами. Забезпечує логіку роботи пристрою та взаємодії між усіма модулями.

2. Дисплейний блок:

Кольоровий LCD-дисплей діаметром 1.28 дюйма з роздільною здатністю 240×240 пікселів. Підключення дисплея здійснюється через інтерфейс SPI, що забезпечує високу швидкість оновлення графіки. Цей блок виводить поточні дані активності, час, статус пристрою та іншу корисну інформацію.

3. Блок вимірювання фізичної активності:

Шестиосевой сенсор QMI8658, що поєднує трьохосьовий акселерометр та трьохосьовий гіроскоп. Він використовується для фіксації рухів користувача, підрахунку кроків, виявлення положення та аналізу активності.

4. Програмний блок

Система працює під керуванням прошивки, написаної мовою MicroPython. За допомогою цього можна реалізувати логіку збору та обробки даних, відображення даних та передбачає можливості розширення функціональності.

Мікроконтролер RP2350 має такі технічні характеристики:

- Два ядра ARM Cortex-M33 до 155 МГц

- До 16 МБ флеш-пам'яті
- Інтерфейси SPI, I2C, UART, PWM, GPIO
- Підтримка MicroPython

Це дає змогу реалізувати як обчислення (обробку даних з датчиків), так і відображення інформації, використовуючи лише одну плату без потреби в зовнішньому контролері. Інтегрований модуль QMI8658 забезпечує можливість:

- Визначення кроків;
- Обчислення орієнтації;
- Виявлення жестів.

QMI8658 підключається через інтерфейс I2C, і його обробка виконується в реальному часі. Для MicroPython використовуються самописні драйвери

Плата підтримує живлення пристрою через microUSB, також є можливість підключення акумулятора через відповідні порти (VBAT, 3V3). Акумулятор є критично важливою частиною для трекера, а низьке енергоспоживання RP2350 дозволяє працювати пристрою до 2-5 днів на одному заряді(залежно від частоти оновлення дисплея та опитування сенсора).

Висновки до розділу 2

Було здійснено обґрунтований вибір апаратної платформи для розробки фітнес-трекера. У результаті порівняльного аналізу альтернативних варіантів вибір було зупинено на мікроконтролерній платі Raspberry Pi Pico 2 RP2350, яка відповідає ключовим вимогам до пристрою:

- Компактності;
- Потужної обчислювальної бази;
- Якісного дисплея;
- Вбудованого модуля QMI 8658;

- Гнучкої програмної підтримки.

Описана структура пристрою дозволяє реалізувати всі основні функції фітнес-трекера: вимірювання фізичної активності, відображення інформації на кольоровому екрані, базову взаємодію з користувачем та роботу від батареї. Основні апаратні модулі - круглий РК-дисплей з діагоналлю 1,28 дюйма, датчик руху QMI8658, органи управління та система живлення - об'єднані у функціонально завершену систему з єдиним центром управління.

В результаті була побудована концептуальна апаратна схема пристрою, що складається з шести функціональних блоків: обчислювальний, дисплейний, сенсорний, управління, живлення та програмне забезпечення. Кожен з блоків був детально проаналізований з точки зору його функцій, підключення та взаємодії з іншими елементами системи.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1. Архітектура програмного забезпечення

«Архітектура відіграє критично важливу роль у розробці додатків, оскільки вона визначає основну структуру, взаємодію компонентів та загальний підхід до організації коду. Правильно спроектована архітектура забезпечує ефективний розвиток, підтримку та масштабованість додатку протягом усього його життєвого циклу. З іншого боку, неправильний архітектурний підхід може призвести до хаотичної кодової бази, складнощів у внесенні змін та обмежень у розширюваності, що в кінцевому підсумку збільшує витрати на розробку та супровід»[8].

Програмне забезпечення фітнес-трекера реалізовано на мікроконтролері Raspberry Pi Pico 2 з використанням мови програмування MicroPython «MicroPython — це інтерпретатор мови Python, розроблений для мікроконтролерів і вбудованих систем. Його розробив Демієн П. Джорджа і написано на C. MicroPython — це сумісний з Python 3 компілятор і час виконання, який може працювати на невеликих мікроконтролерах.»[17]

Архітектура програмного забезпечення пристрою побудована за модульним принципом «Модульне програмування – це організація програми у вигляді сукупності незалежних блоків, структури і функцій яких підпорядковуються певним вимогами. Цей підхід дозволив зменшити складність розробки і налагодження великих програм. Принципи модульного програмування стали складовою частинною об'єктно орієнтованого програмування.» [6]. Кожен програмний модуль виконує визначену функцію, а взаємодія між ними відбувається через стандартизовані інтерфейси.

Загальна структура програмного забезпечення розділена на такі основні модулі:

1. Інтерфейс користувача;
2. Модуль роботи з дисплеєм;
3. Модуль роботи з сенсором руху QMI8658;
4. Модуль обробки даних активності

5. Модуль моніторингу батареї
6. Модуль керування пристроєм.

Інтерфейс користувача відповідає за відображення годинника, кільця активності та статистики на дисплеї. Реалізує головний цикл пристрою, обробку жестів та перемикання між екранами. (Містить логіку анімації між основним та статичним екранами.) Модуль роботи з дисплеєм забезпечує базові графічні операції: . Містить драйвер для дисплея. Модуль роботи з сенсором руху реалізує взаємодію з QMI8658 через інтерфейс I2C, зчитує дані з 6-осьового сенсора(акселерометр + гіроскоп). Модуль обробки даних активності аналізує вхідні дані з сенсора та виконує оцінку активності користувача, обчислення кількості кроків. У майбутньому можливе доповнення функціоналом : аналізом сну, вимірюванням кисню в крові, тощо. За моніторинг заряду батареї(через ADC), перехід у сплячий режим при неактивності відповідає модуль моніторингу батареї. На відміну від стандартного керування кнопками, цей фітнес-трекер реагує на жести, що зчитуються з акселерометра та гіроскопа: поворот зап'ястка – активація дисплея або вимкнення, нахил – перемикання між екранами.

Основна програма працює в нескінченному циклі де, зчитуються значення з сенсорів, оновлюється кількість кроків, визначається жест для керування, відображаються актуальні дані на відповідному екрані.

Завдяки модульній архітектурі програмне забезпечення легко адаптувати, змінювати, повторно використовувати в інших проєктах. Кожен компонент можна оновлювати незалежно, що можна використовувати для довготривалої підтримки й розвитку пристрою.

3.2. Алгоритми обробки даних

У даному проєкті реалізовано кілька ключових алгоритмів обробки даних із сенсорів фітнес-трекера. Основна мета – забезпечення точного відстеження фізичної активності користувача з подальшим її виведенням на екран.

Обробка даних у фітнес-трекері є критично важливим етапом, що забезпечує інтерпретацію показників із сенсорів у зрозумілу для користувача інформацію: кількість кроків, рівень активності, орієнтацію пристрою тощо.

Дані з QMI 8658 зчитуються по інтерфейсу I²C у головному циклі:

```
ax, ay, az, gx, gy, ga = iku.read accel gyro()
```

Підрахунок кроків відбувається у модулі Step, який працює за простим алгоритмом. Після фільтрації шуму сигналу обчислюється різниця прискорення та порівнюється з порогом. Для оцінки руху використовується обчислення загального вектора прискорення, формула виводиться з геометричного означення вектора у тривимірному просторі

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} :$$

```
def update(self, ax, ay, az):
```

```
    magnitude = math.sqrt(ax**2 + ay**2 + az**2)
```

```
    if magnitude - self.prev > self.threshold:
```

```
        self.step_count += 1
```

```
    self.prev = magnitude
```

```
    return self.step_count
```

Цей підхід дозволяє ефективно і просто виявляти прискорення, які відповідають крокам.

Фільтрація шуму прискорення здійснюється за допомогою простого фільтра Калмана «Фільтр Калмана являє собою спеціальний алгоритм, який використовує послідовність вимірювань, які містять шум та інші неточності, протягом певного часу для формування оптимальних оцінок невідомих змінних. Основною концепцією є те, що фільтр враховує фізичну модель системи, а також інформацію з попередніх вимірювань для виконання

прогнозування. Він рекурсивно оновлює оцінки стану системи, при цьому зменшуючи вплив шуму та відповідно покращуючи точність наступних вимірювань.»[18].

На основі значень a_x (прискорення вздовж осі X) можна реалізувати простий алгоритм виявлення жестів «нахил вліво/вправо» для перемикання між головним екраном та статистикою.

```
def detect_gesture(ax, steps, vbat, activity_percent):

    global screen_id, last_gesture_time

    now = time.ticks_ms()

    if time.ticks_diff(now, last_gesture_time) < gesture_delay:

        return

    if ax > 0.05 and screen_id != 1:

        screen_id = 1

        last_gesture_time = now

    elif ax < -0.00 and screen_id != 0:

        screen_id = 0

        last_gesture_time = now
```

Фітнес-трекер також повинен оцінювати активність користувача у відсотках (пройдену норму кроків). Кільце активності яке малюється вздовж усього кола екрана, реалізовано через обчислення координат пікселів за допомогою тригонометричних функцій. Візуальний стиль адаптований до круглої форми дисплея, що робить інтерфейс естетично привабливим і зручним

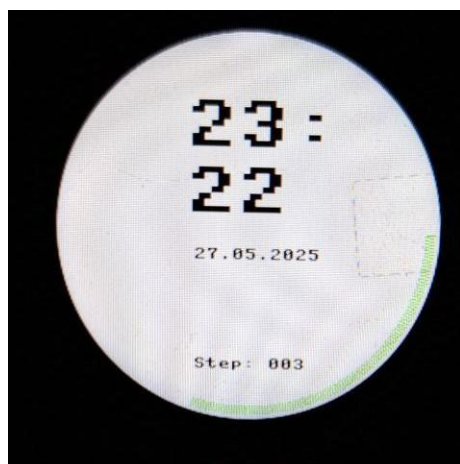
```
activity_percent = min(100, steps * 100 // 10000)
```

Результат відображається у вигляді кільця:

```
def draw_activity_ring(cx, cy, r, percent, color):  
    for angle in range(0, int(360 * percent / 100)):  
        rad = math.radians(angle)  
        x = int(cx + r * math.cos(rad))  
        y = int(cy + r * math.sin(rad))  
        lcd.pixel(60, 80, BLUE)
```

Таким чином, пристрій аналізує рух користувача за допомогою даних акселерометра і гіроскопа, фільтрує шум даних, підраховує кроки, визначає рівень активності та обробляє жести для взаємодії з інтерфейсом.

При проектуванні інтерфейсу було приділено особливу увагу читабельності даних. Враховуючи обмежений розмір дисплея, основні показники – час, дата та кількість кроків розташовано симетрично та з використанням великих символів, що полегшує зчитування інформації в русі або при яскравому освітленні. Колірна палітра інтерфейсу підібрана з урахуванням контрастності. На головному екрані використовується світлий фон з темним текстом, а в екрані статистики – інверсія кольорів для візуального розподілення функціональності блоків (Рис. 3.1).



(a)



(б)

Рис. 3.1. Зовнішній вигляд інтерфейсу фітнес-трекера: головний екран (a) і екран статистики (б)

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було здійснено повний цикл розробки програмного забезпечення для прототипу фітнес-трекера на базі мікроконтролера Raspberry Pi Pico 2 RP2350 з використанням кольорового графічного дисплея та QMI8658. Програмне забезпечення реалізоване мовою MicroPython. Створено класи для роботи з дисплеєм, датчиком руху та модулем живлення. Компоненти налаштовані для ефективного зчитування даних із сенсорів у режимі реального часу. Реалізовано алгоритм зчитування та перетворення «сирих» значень з акселерометра й гіроскопа у фізичні величини. Було використано формулу для обчислення модулю вектора прискорення. Створено окремий клас, який на основі порогового значення прискорення виявляє факт кроку. Алгоритм враховує тенденцію зміни прискорення та забезпечує стабільний облік рухової активності. За допомогою низькорівневих графічних функцій реалізовано виведення годинника, дати, кільця активності, рівня заряду батареї та іншої статистики. Всі дані постійно оновлюються, що забезпечує плавну та інформативну взаємодію користувача з пристроєм. У коді реалізовано механізм перемикання між екранами за допомогою нахилу пристрою (вліво або вправо). Це дає змогу керувати інтерфейсом без фізичних кнопок, що є зручним у носимому пристрої.

Структура коду є модульною, із чітко виокремленими класами та функціями.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження сучасних фітнес-трекерів було встановлено, що основними перевагами є компактність, багатфункціональність, тривалий час автономний роботи та наявність мобільного застосунку. Серед недоліків – висока вартість окремих моделей, обмеження в налаштуванні, залежність від програмного забезпечення виробника, а також недостатня точність вимірювання пульсу або кроків у деяких бюджетних моделях. Це дозволило сформулювати уявлення про ключові риси, які слід реалізувати або покращити у власному пристрої.

Аналіз ринку показав, що більшість комерційних рішень зосереджено на масовому користувачі, серед лідерів – Xiaomi, Fitbit, Samsung, Garmin. Значна увага приділяється дизайну, сумісності зі смартфоном та набору сенсорів. З іншого боку, високий попит на фітнес-трекери стимулює розвиток персоналізованих рішень з відкритим кодом, що відкриває можливість створення власного компактного пристрою з функціями, які потрібні користувачеві.

На основі аналізу було сформовано вимоги до пристрою:

- визначення кількості кроків;
- відображення інформації на кольоровому дисплеї;
- компактність;
- можливість подальшого розширення.

Ці вимоги стали основою для вибору апаратного та програмного забезпечення.

Було обрано Raspberry Pi Pico 2 RP2350 із сенсором руху QMI8658 та круглим дисплеєм. Обране апаратне забезпечення забезпечує необхідну точність, функціональність і можливість подальшого масштабування.

Програмне забезпечення організоване модульно: окремі модулі відповідають за зчитування даних з сенсора, підрахунок кроків,

інтерпретацію активності, відображення на дисплеї та обробку користувацьких жестів. Архітектура дозволяє масштабування – можна додати нові функції, наприклад, пульсометр або передавання даних через Bluetooth.

Було створено повноцінне програмне забезпечення:

- зчитування прискорення та обчислення кількості кроків за допомогою порогового методу;
- розрахунок рівня активності користувача у відсотках(досягнення щоденної норми кроків);
- графічне відображення часу, кроків, активності на дисплеї;
- підтримка жестів для зміни екранів та взаємодії з користувачем;
- Алгоритми обробки були оптимізовані шляхом впровадження фільтра Калмана для фільтрації шуму вимірів.

Програма була протестована на реальному пристрої, виявлені недоліки виправлено.

Для покращення та розширення функціональності можна реалізувати контроль пульсу під час тренування чи сну. Реалізація локальної пам'яті для зберігання статистики активності, що дасть змогу аналізувати динаміку за день, тиждень тощо. Розширення інтерфейсу користувача, наприклад, додавання меню, вибір режимів(нічний/денний), налаштування цілей тощо. Завдяки точному годиннику реального часу можна реалізувати прості нагадування для покращення здорового способу життя.

проект довів свою ефективність і життєздатність. Побудований фітнес-трекер є повноцінним інженерним рішенням, яке поєднує сучасні електронні компоненти, ефективні алгоритми обробки даних і зручний інтерфейс. Завдяки відкритій архітектурі й модульності цей пристрій легко масштабувати – як у технічному, так і в функціональному плані, що робить його основою для подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Архипов Р. В. «Аналіз ризиків та переваг застосування носимих розумних речей та мереж в питаннях безпеки та виробничих ризиків», м. Київ, 2023р. (Дата звернення: 30.04.2025)
2. Вбудовані біомедичні системи та бездротові сенсорні мережі: навчальний посібник. / Пархоменко А. В., Туленков А.В., Гладкова О. М., Залюбовський Я. І. – Житомир: ПП «Євро-Волинь», 2021. – 200 с. (Дата звернення: 24.05.2025)
3. «Все про фітнес-браслети та розумні годинники: як з'явилися, як працюють та чи потрібні вони взагалі». Електронний ресурс: <https://www.imena.ua/blog/fitness-bracelets-and-smart-watches/> (Дата звернення: 20.01.2025)
4. «Для чого потрібні сучасній людині фітнес-браслети?» Електронний ресурс: https://best-time.biz/ua/blog/komu-i-zachem-nuzhen-fitness-braslet?srsltid=AfmBOorFKmzXCVzShFI7EYScA-0UxlXulHS7_1q3_ZGI6B3aKe7zx4mW (Дата звернення: 20.01.2025)
5. «Експерти розповіли, чи варто користуватися фітнес-трекером». Електронний ресурс : https://prostoway.com/3182-eksperty-rozpovily-chy-var-to-korystuvatysya-fitness-trekerom#google_vignette (Дата звернення: 20.01.2025)
6. «Електронний багатомовний термінологічний словник». Електронний ресурс: <https://emtd.ztu.edu.ua/view/word-2826/0> (Дата звернення: 03.05.2025)
7. Єременко Н.П «ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ФІТНЕС ТРЕКЕРІВ», м. Київ, 2020р. (Дата звернення: 10.02.2025)
8. Желудько Я. В. «МОБІЛЬНИЙ ПЕРСОНАЛЬНИЙ АСИСТЕНТ ДЛЯ ТРЕНУВАНЬ З БІГУ ТА ХОДЬБИ» м. Кривий Ріг, 2024р. (Дата звернення: 15.02.2025)

9. «Мікроконтролер Raspberry Pi Pico 2 RP2350». Електронний ресурс:

https://arduino.ua/prod7391-mikrokontroler-raspberry-pi-pico-2-rp2350?srsltid=AfmBOopFjDk08vmY0ptglNAS1vlz8jj1WC7I1JGzoymIK8_j9N9YK9SF (Дата звернення: 27.04.2025)

10. «Модуль розробника RP2350 з 1.28" круглим дисплеєм IPS 240×240, 65K Color від Waveshare». Електронний ресурс: https://arduino.ua/prod7353-modul-rozrobnika-rp2350-z-1-28-kryglim-displem-ips-240240-65k-color-vid-waveshare?srsltid=AfmBOoq2dc3y-Ax8cQG9aqvvXQgIk3Ub-KsL1LeUdZttXOR2Tn_etJx- (Дата звернення: 27.04.2025)

11. «Найкращі фітнес-трекери зберігають усю вашу статистику здоров'я під рукою» Електронний ресурс: https://www.gq.com/story/best-fitness-trackers?utm_source=chatgpt.com (Дата звернення: 20.01.2025)

12. «Найкращі фітнес-трекери, які варто купити у 2024 році» Електронний ресурс: <https://itechua.com/gadgets/244864> (Дата звернення: 20.01.2025)

13. Оганесян А. А. «ПИТАННЯ ЕТИКИ ВИКОРИСТАННЯ ФІТНЕС-ТЕХНОЛОГІЙ», м. Одеса, 2023р. (Дата звернення: 20.01.2025)

14. Озірний М.М. «Нейромережеве забезпечення фітнес-трекінгу», м. Полтава, 2023р. (Дата звернення: 20.03.2025)

15. «Плата розробника ESP32-S3 з 1.47" дисплеєм 172×320 262K кольорів WiFi & Bluetooth, RGB світлодіод». Електронний ресурс: <https://arduino.ua/prod7183-plata-rozrobnika-esp32-s3-z-1-47-displem-172320-262k-koloriv-wifi-bluetooth-rgb-svitlodiod> (Дата звернення: 27.04.2025)

16. «Плата розробника ESP32-S3R2 Wi-Fi 16MB 240MHz від Waveshare». Електронний ресурс :

<https://arduino.ua/prod5846-plata-rozrobnika-esp32-s3r2-wi-fi-16mb-240mhz-vid-waveshare> (Дата звернення: 27.04.2025)

17. «Програмування Raspberry Pi Pico за допомогою MicroPython». Електроний ресурс:
<https://uk.fmuser.net/content/?17428.html> (Дата звернення: 27.04.2025)

18. «Простий фільтр Калмана (приклад з Arduino та BMP280)». Електроний ресурс:
<https://arduino.ua/art250-prostii-filtr-kalmana-priklad-z-arduino-ta-bmp280?srsId=AfmBOorQYMYhYriK4g0f0yz4D8LZHVoaFRpeC04tHmsL2SBIESMRviS4> (Дата звернення: 27.04.2025)

19. Стефанціва В. І. «РУХОВА АКТИВНІСТЬ МОЛОДІ ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА СПОСОБУ ЖИТТЯ», м. Київ, 2021р. (Дата звернення: 20.01.2025)

20. Федорчук О.В. «Комп'ютерна система збору та аналізу даних з фітнес-трекера», м Тернопіль, 2024р. (Дата звернення: 20.04.2025)

21. «Точність носимих фітнес-пристроїв: Що потрібно знати». Електроний ресурс:
<https://bimedis.net/latest-news/browse/730/tochnist-nosimih-fitness-pristroyiv-sho-potribno-znati> (Дата звернення: 20.01.2025)

22. Щербаков А. О. «Архітектурне рішення для взаємодії смарт-годинника з іншими цифровими пристроями», м. Київ, 2024р. (Дата звернення: 05.05.2025)

23. «Що таке фітнес-трекер: функції і призначення». Електронний ресурс:
<https://bukowina.org.ua/blog/technology/shho-take-fitness-treker-funktsiyi-i-pryznachennya/> (Дата звернення: 20.01.2025)

24. «Що таке Fitbit Health and fitness?». Електроний ресурс:
<https://yahody.prosto.cx.ua/maysternist/shho-take-fitbit-health-and-fitness.html> (Дата звернення: 20.01.2025)

25. «Arduino Nano 33 BLE Sense Rev2 ABX00070 (с коннекторами)». Электронный ресурс:

https://arduino.ua/ru/prod6293-arduino-nano-33-ble-sense-rev2-with-headers?srsId=AfmBOoqi8lPE3wb72-fGYcJy1mWv-Qpo-9bDTjInByujFFGzxG_1IpRH (Дата звернення: 27.04.2025)

26. «Can you use a Fitbit without a smartphone?». Электронный ресурс:

https://wearablefitnesstracker.com/do-fitness-trackers-have-to-be-connected-to-a-phone/?utm_source=chatgpt.com (Дата звернення: 20.01.2025)

27. «Do I Need To Carry Smartphone For Fitness Tracker?». Электронный ресурс:

https://fitness-n-health.com/do-i-need-to-carry-smartphone-for-fitness-tracker.html?utm_source=chatgpt.com#google_vignette (Дата звернення: 20.01.2025)

28. «Garmin представила на CES 2024 пульсометр HRM-Fit, який кріпиться на одяг» Электронный ресурс: https://hi-tech.ua/uk/garmin-predstavila-na-ces-2024-pulsometr-hrm-fit-yakij-kripitsya-na-odyag/?utm_source=chatgpt.com (Дата звернення: 20.01.2025)

29. «Raspberry Pi Pico». Электронный ресурс: <https://arduino.ua/prod4358-raspberry-pi-pico> (Дата звернення: 27.04.2025)

30. «Smartwatch Or Fitness Tracker Without Internet Dependence, Is There Such A Thing?». Электронный ресурс: https://weartotrack.com/fitness-tracker-without-internet/?utm_source=chatgpt.com (Дата звернення: 04.04.2025)

31. «The Best Wearable Fitness Tracker». Электронный ресурс: https://wearablefitnesstracker.com/#google_vignette (Дата звернення: 13.03.2025)

ДОДАТКИ

Додаток А. Вихідний код програми

<https://github.com/lizaberezhna/fitness-tracker.git>